

PENGAWETAN KLOROFIL DAUN KATUK SEBAGAI ZAT PEWARNA UNTUK BAHAN DSSC (*DYE SENSITIZED SOLAR CELL*) DENGAN MENGGUNAKAN *FREEZE DRYING*

Darmawati Darwis, Sri Ayuni Basri, Iqbal

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako
Jln. Soekarno Hatta km.9 Bumi Kaktus, Tadulako, Palu
email: sri_ayunibasri@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pengawetan klorofil daun katuk sebagai zat pewarna untuk bahan *DSSC* dengan menggunakan *freeze drying* telah dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas klorofil untuk dijadikan zat pewarna pada bahan *DSSC*. Larutan klorofil yang diujikan diencerkan menggunakan etanol (96%) dengan konsentrasi 20 %. Klorofil hasil pengenceran diuji serapan cahaya dan konduktivitas listriknya pada kondisi gelap dan terang. Hasil pengujian menunjukkan serapan cahaya larutan klorofil memiliki puncak spektrum serapan dengan nilai tertinggi sebesar 2,508 au sebelum diawetkan dan 2,710 au setelah diawetkan. Konduktivitas listriknya sebelum diawetkan sebesar 42,5 $\mu\text{S/m}$ pada kondisi terang dan 38,6 $\mu\text{S/m}$ pada kondisi gelap, untuk konduktivitas listrik setelah diawetkan sebesar 42,5 $\mu\text{S/m}$ pada kondisi terang dan 38,6 $\mu\text{S/m}$ pada kondisi gelap. Hasil pengukuran sifat optik dan listrik menunjukkan bahwa pengawetan klorofil dapat mempertahankan kualitas klorofil dari daun katuk.

Kata Kunci: Klorofil, *DSSC*, daya serap, konduktivitas.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara yang hampir di seluruh wilayahnya menerima sinar matahari yang optimal sepanjang tahunnya. Mengingat hal tersebut Indonesia sangat berpotensi menjadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depan. Sel surya merupakan alat yang dapat mengkonversi energy cahaya matahari menjadi energi listrik (Kumara M.S.W., G. Prajitno, 2012).

Salah satu sel surya yang banyak dikembangkan pada saat ini yaitu *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* yang memanfaatkan radiasi cahaya yang diserap oleh zat pewarna kemudian diubah menjadi energi listrik. Zat pewarna dapat diperoleh dari bahan-bahan organik yang berasal dari tanaman dan hewan (Winarno, 1997). *DSSC* terdiri dari sepasang elektroda dan counter elektroda. Elektroda terbuat dari substrat kaca konduktif yang telah dilapisi *Transparent Conductive Oxide (TCO)*, yang biasa digunakan SnO_2 . Pada elektroda dilapisi oleh lapisan oksida nanopartikel yang dilapisi oleh molekul zat pewarna (*dye*) sensitasi. *Dye* berperan sebagai penyerap cahaya pada *DSSC*. *Dye* terdiri dari 2 jenis yaitu *dye* sintesis dan *dye* alami. *Dye* alami diperoleh dari tumbuhan dan hewan (Wongcharee K., dkk, 2007). Pada

tumbuhan *dye* dapat berupa klorofil, antosianin dan xantofil (Song Wang, dkk, 2007).

Klorofil adalah salah satu pigmen tumbuhan berwarna hijau yang banyak ditemukan pada daun. Molekul penyusun klorofil daun tumbuhan antara lain klorofil a berwarna biru-hijau, klorofil b berwarna kuning-hijau dan karotenoid berwarna campuran kuning dan jingga. Klorofil a merupakan pigmen utama yang paling banyak jumlahnya dari sejumlah klorofil yang berperan dalam reaksi terang fotosintesis. Klorofil b dan karotenoid sebagai pigmen pelengkap. Klorofil b berperan menyerap foton cahaya matahari. Sedangkan karotenoid berfungsi sebagai fotoproteksi yang menyerap dan melepaskan energi cahaya yang berlebihan yang dapat merusak klorofil (Arrohman, 2007).

Klorofil mudah terdegradasi menjadi molekul turunannya akibat adanya pengaruh cahaya, suhu, dan oksigen. Hal inilah yang membuat klorofil bersifat labil. Hilangnya magnesium dari molekul pusat atau hilangnya rantai ekor fitol merupakan langkah awal terjadinya degradasi klorofil. Sejumlah molekul turunan seperti *phaeophytins*, *chlorophyllides* dan *phaeophorbides* yang tergantung pada molekul induknya akan terbentuk jika molekul klorofil mengalami degradasi. Molekul hasil degradasi

dari atom Mg klorofil adalah feofilin sedangkan molekul hasil degradasi dari rantai ekot fitol klorofil adalah klorofilida dan molekul hasil degradasi dari atom Mg serta rantai ekor fitol klorofil adalah feoforbida (Carlson dkk, 1996). Adapun skema dari proses degradasi klorofil ditunjukkan pada Gambar 1.



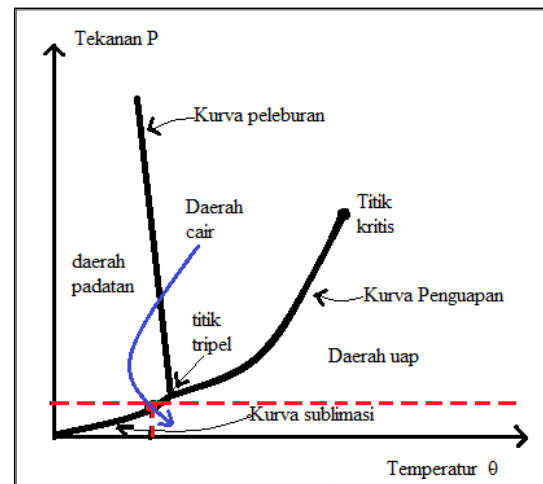
Gambar 1. Alur proses degradasi pada klorofil (Carlson dkk, 1996)

Daun katuk (*Sauropus Androgynus*-(L) Merr) digunakan sebagai pewarna alami yang dapat memberi warna hijau tanpa menimbulkan residu. Daun tanaman katuk merupakan daun tunggal, karena hanya merupakan helaian dan tangkai daun saja, mudah didapat dan sudah digunakan diberbagai bahan makanan antara lain pewarna hijau pada ketan dan lain-lain. Pemanfaatannya dengan diekstraksi atau ditumbuk dengan menambahkan air, kemudian filtratnya digunakan untuk pewarna hijau pangan (Hardjanti Sri, 2008).

Spektroskopi adalah studi mengenai interaksi cahaya dengan atom dan molekul. Radiasi cahaya atau elektromagnet dapat dianggap menyerupai gelombang. Dasar spektroskopi *UV-Vis* adalah serapan cahaya. Bila cahaya jatuh pada senyawa, maka sebagian dari cahaya diserap oleh molekul-molekul sesuai dengan struktur dari molekul senyawa tersebut. Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum *UV-Vis* tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Spektroskopi *UV-Vis* dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat dengan transisi-transisi diantara tingkatan-tingkatan tenaga elektronik (Sastrohamidjojo H, 1991).

Pengeringan dengan cara pembekuan yaitu bahan langsung dibekukan dan air dikeluarkan dari bahan secara sublimasi. Proses pengeringan beku dapat dijelaskan dengan menggunakan diagram fase air pada Gambar 2. Dari Gambar tersebut bisa diketahui bahwa dengan mengendalikan kondisi tekanan (P) dan suhu (T), air dapat berbentuk gas (uap), cair (air) atau padatan (es). Pada kondisi tertentu yaitu pada kondisi tekanan 4,58 torr (610,5 Pa) dan suhu 0°C, air akan berada pada

titik triple (Gambar 2). Titik triple merupakan titik dimana terjadi kesetimbangan antar uap, air dan es. Peristiwa sublimasi terjadi jika suhu bahan dinaikkan dan bahan dalam kondisi beku pada tekanan yang dipertahankan tetap dibawah tekanan triple ($P_t = 4,58$ torr). Sublimasi yaitu perubahan fase dari padat (es) ke uap (lihat garis biru pada Gambar 2). Jika kondisi ini dipertahankan, maka air (es) dalam bahan secara kontinyu akan berkurang melalui proses sublimasi (Purwiyatno, 2013).



Gambar 2. Diagram fase air untuk menjelaskan kesetimbangan (Zemansky M.W dan Dittman R.H, 1986 dan Anonim B, 2013).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Unit Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, di laboratorium Penelitian Prodi Kimia Jurusan Kimia dan di laboratorium Fisika Material dan Energi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Tadulako pada bulan Januari 2015 sampai Maret 2015.

2.2 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun katuk, etanol dan aquades. Peralatan yang digunakan adalah pisau, timbangan digital, gelas ukur, gelas erlemeyer, batang pengaduk, gelas beker, aluminium foil, kertas saring, corong kaca, spektrofotometer *UV-VIS +T80*, *rotavorator*, *GLX explorer* dan *conductivity probe*, *freeze drying*.

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui 6 tahap, yaitu tahap persiapan, tahap ekstraksi bahan, tahap uji sifat optik, tahap uji kelistrikan, tahap pengawetan bahan klorofil dan tahap pengujian setelah pengawetan. Adapun 6 tahap tersebut, yaitu:

1. Tahap persiapan

Tahap awal penelitian adalah studi pustaka, menyiapkan bahan dan peralatan yang dibutuhkan.

2. Tahap ekstraksi bahan

Daun dipotong kecil-kecil sekitar 1 cm x 1 cm, kemudian ditimbang masing-masing daun sebanyak 50 gram menggunakan timbangan digital dan selanjutnya dihaluskan menggunakan blender dengan ditambahkan 5ml akuades. Kemudian dicampurkan dengan 100 ml etanol 96 %. Ekstrak tersebut dimasukan ke dalam gelas beker dan dibiarkan selama 24 jam yang ditutup dengan aluminium foil untuk mencegah penguapan. Selanjutnya ekstrak daun yang sudah direndam dengan etanol disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan ekstrak murni dengan sisa daun yang tidak terekstraksi. Larutan ini kemudian diencerkan dengan konsentrasi 20 %, larutan ini digunakan untuk pengukuran absorbansi dan konduktivitas listrik sebelum diawetkan (H1).

3. Tahap uji sifat optik

Tahap uji sifat optik larutan *dye* alami ekstrak daun menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* +T80. Karakterisasi optik dilakukan untuk mengetahui absorbansi *dye* alami yang telah dibuat dan untuk perhitungan energi gap. Hasil yang diperoleh berupa spektrum serapan larutan dengan nilai absorbansi pada tiap-tiap panjang gelombang. Selanjutnya perhitungan energi gap dilakukan dengan menggunakan rumus energi foton sebagai berikut:

$$E_g = \frac{hc}{\lambda}$$

Dimana E_g adalah energi gap *eV*, λ adalah panjang gelombang pada puncak absorbansi (*nm*) c adalah laju cahaya (3×10^8 m/s). 1 *eV* setara dengan ($1,602 \times 10^{-19}$ J) sehingga $hc = 1,240 \times 10^3$ *eV.nm* (Krane Kenneth S, 1992).

4. Tahap uji kelistrikan

Tahap uji kelistrikan atau pengukuran konduktivitas dilakukan dengan menggunakan *GLX explore* dan *sensor conductivity probe* pada 2 kondisi yaitu kondisi terang dan gelap.

5. Tahap pengawetan bahan klorofil

Pada tahap ini, mula-mula klorofil dan etanol dipisahkan dengan menggunakan *rotavator* sekitar 3 jam (hingga tidak ada lagi etanol dalam klorofil). Kemudian klorofil dimasukkan dalam *freezer* (-20°C) dan didiamkan selama semalam sebelum dikeringkan dengan pengering beku (*freeze dryer*) selama 11 jam. Setelah klorofil kering, masing-masing klorofil ditimbang untuk mengetahui massa klorofil yang akan diencerkan kembali sebelum pengujian. Sampel ini disimpan selama 12 hari (H2), 26 hari (H3) dan 40 hari (H4).

6. Tahap pengujian setelah pengawetan

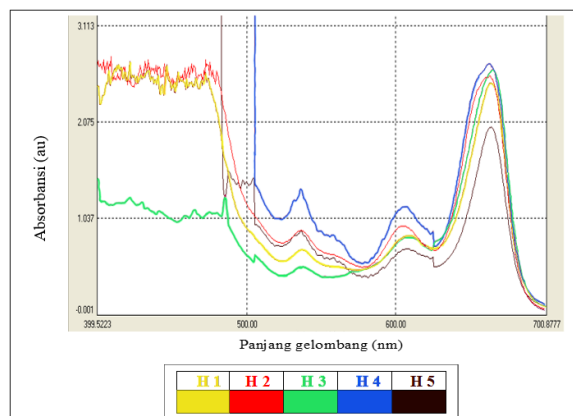
Sebelum melakukan tahap ini, sebelumnya bahan yang telah berbentuk jel diencerkan kembali dengan menambahkan etanol 96 % sebanyak 20 ml untuk bahan klorofil daun bayam sebanyak 1,5 g, klorofil daun kangkung sebanyak 3 g dan klorofil daun katuk sebanyak 4 g. Larutan ini kemudian diencerkan dengan konsentrasi 20 %. Adapula larutan yang tidak diawetkan dan disimpan selama 40 hari (H5). Larutan ini dapat digunakan untuk:

- Analisa spektrofotometer *UV-VIS* dan perhitungan energi gap.
- Pengukuran konduktivitas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian sifat Optik

Pengujian sifat optik dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* dari masing-masing sampel daun katuk. Data yang diambil berupa spektrum absorbansi dari klorofil dengan konsentrasi 20 % untuk masing-masing daun sebelum diawetkan (H1), setelah diawetkan 12 hari (H2), 26 hari (H3), 40 hari (H4) dan klorofil yang tidak diawetkan setelah 40 hari (H5) seperti ditunjukkan pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Spektrum absorbansi klorofil daun katuk pada H1, H2, H3, H4 dan H5

Pada Gambar 3, klorofil daun katuk menunjukkan nilai absorbansi pada rentang panjang gelombang 600-700 nm dengan masing-masing nilai absorbansi tertinggi ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

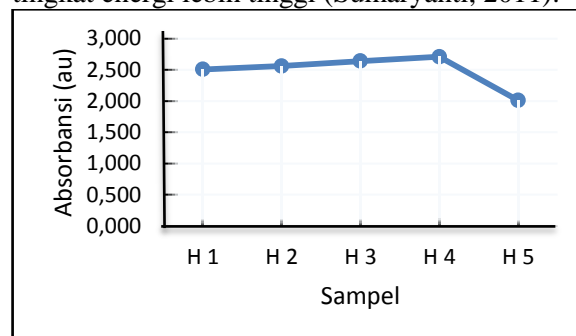
Tabel 1 Nilai absorbansi tertinggi pada klorofil daun katuk.

Sampel	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi (au)
H 1	663,98	2,508
H 2	662,52	2,561
H 3	664,82	2,641
H 4	663	2,710
H 5	663,64	2,012

Secara fisik klorofil yang diawetkan mengalami perubahan warna menjadi kecoklatan, namun secara kimia klorofil ini tidak mengalami perubahan. Pengawetan dilakukan untuk menghindari terjadinya degradasi yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada pigmen klorofil. Secara kimia klorofil bersifat labil terhadap pengaruh cahaya, suhu dan udara. Ketiga faktor inilah yang menyebabkan terjadinya degradasi klorofil menjadi molekul-molekul turunannya. Degradasi ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan daya serap suatu bahan karena berkurangnya pigmen klorofil a dan klorofil b yang penting dalam proses penyerapan foton cahaya matahari.

Karakteristik daya serap suatu bahan dalam mengabsorpsi menjadi hal penting dalam pemanfaatannya sebagai *dye* pada bahan *DSSC*. Pada *DSSC dye* berfungsi sebagai daya

serap cahaya, dimana daya serap sendiri merupakan kuantitas yang menyatakan kemampuan bahan dalam menyerap cahaya. Senyawa organik mampu mengabsorpsi cahaya karena senyawa organik mengandung elektron valensi yang dapat dieksitasi ke tingkat energi lebih tinggi (Sumaryanti, 2011).



Gambar 4. Hubungan absorbansi dan sampel pada klorofil daun katuk.

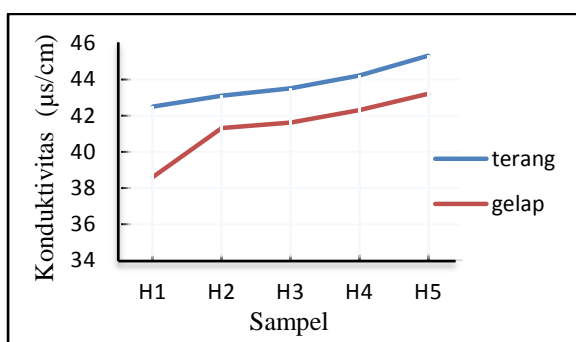
Berdasarkan data yang telah diperoleh dari klorofil daun bayam yang diperjelas pada Gambar 4. Dari gambar diketahui bahwa absorbansi klorofil semakin naik setelah pengawetan. Pengawetan klorofil yang telah dilakukan dapat mempertahankan karakteristik penyerapan bahan. Hal ini terlihat pada data H5 dari klorofil. Dimana daya serap H5 menurun jika dibandingkan dengan daya serap pada H1. Degradasi terjadi pada klorofil yang tidak diawetkan dan disimpan selama 40 hari. Hal ini dapat dilihat dari nilai absorbansi sampel mengalami penurunan yang disebabkan terjadinya kerusakan pada sebagian pigmen klorofil a dan klorofil b yang mengakibatkan terjadinya penurunan daya serap larutan tersebut.

Berdasarkan data absorbansi dapat diketahui kandungan klorofil pada suatu bahan. Sesuai dengan rumus untuk menghitung kandungan klorofil dengan menggunakan nilai absorbansi pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm. Kandungan klorofil sangat menentukan kemampuan penyerapan suatu bahan. Semakin banyak kandungan klorofil maka semakin baik daya serap bahan tersebut (Harbone, 1973 dalam Arrohmah, 2007). Sehingga semakin besar nilai absorbansi suatu bahan maka semakin baik daya serapnya.

3.2 Pengujian sifat listrik

Tabel 2 Data hasil pengukuran sifat listrik larutan klorofil daun bayam, katuk dan kangkung

Sampel	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
	Kondisi terang	Kondisi gelap
H1	42,5	38,6
H2	43,1	41,3
H3	43,5	41,6
H4	44,2	42,3
H5	45,3	43,2



Gambar 5 Konduktivitas listrik klorofil daun katuk pada H1, H2, H3, H4 dan H5.

Klorofil merupakan material yang bersifat reseptor cahaya yang menyerap cahaya tampak. Jika cahaya diserap akan terjadi eksitasi elektron (Arrohman, 2007). Semakin banyak elektron yang tereksitasi maka semakin besar arus yang mengalir, sehingga semakin besar pula nilai konduktivitas suatu bahan. Pengukuran konduktivitas suatu bahan penting untuk mengetahui kepekaannya terhadap cahaya. Klorofil terdiri dari klorofil a, klorofil b dan karotenoid. Dalam hal konduktivitas klorofil b sangat penting, dimana klorofil b berperan dalam penyerapan foton cahaya yang dapat menimbulkan terjadinya eksitasi pada elektron.

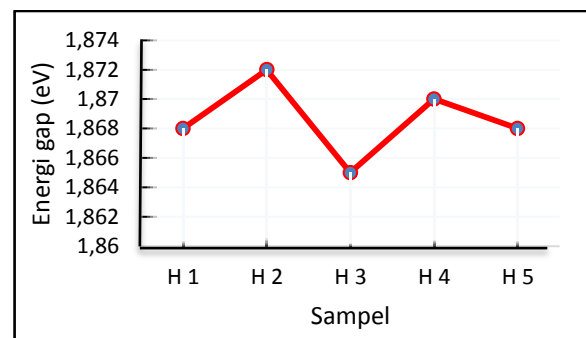
Berdasarkan data yang telah diperoleh dari hasil pengujian konduktivitas dari larutan klorofil secara umum konduktivitas larutan klorofil pada kondisi terang lebih besar dari pada kondisi gelap. Konduktivitas pada kondisi terang lebih besar karena adanya elektron yang bertransisi ke orbital lain akibat mendapatkan energi dari cahaya. Selain itu konduktivitas dari klorofil semakin hari semakin naik.

3.3 Perhitungan energi gap

Tabel 3 Data hasil pengukuran sifat listrik larutan klorofil daun bayam, katuk dan kangkung

Sampel	λ (nm)	Abs	Eg (eV)
H1	663,98	2,508	1,868
H2	662,52	2,561	1,872
H3	664,82	2,641	1,865
H4	663	2,710	1,870
H5	663,64	2,012	1,868

Selain untuk mengetahui kandungan klorofil suatu bahan, dapat pula diketahui besar energi gap yang dihasilkan suatu bahan apabila bahan tersebut mendapat pancaran cahaya. Energi gap menunjukkan besarnya energi yang dihasilkan suatu bahan ketika menerima cahaya, Energi inilah yang memungkinkan elektron-elektron tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Besar energi gap dapat dihitung dengan menggunakan rumus energi foton, dimana λ merupakan panjang gelombang yang memiliki nilai absorbansi tertinggi.



Gambar 6 Hubungan energi gap dan sampel pada klorofil daun katuk.

Berdasarkan data uji sifat optik dan perhitungan energi foton yang tertera dapat dilihat pengaruh pengawetan pada Gambar 6. Dari gambar terlihat bahwa nilai energi gap semakin meningkat. Energi gap dari klorofil daun katuk sebelum diawetkan sebesar 1,868 eV dan setelah diawetkan 40 hari sebesar 1,870 eV.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diperoleh kesimpulan bahwa pengawetan yang dilakukan pada klorofil daun bayam katuk dengan menggunakan alat *freeze drying* dapat mempertahankan karakteristik

klorofil daun katuk tersebut atau menghambat terjadinya degradasi pada klorofil, absorbansi klorofil sebelum pengawetan 2,508 dan setelah pengawetan 40 hari 2,710. Konduktivitas listrik sebelum pengawetan pada kondisi terang 42,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan pada kondisi gelap 38,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan setelah pengawetan pada kondisi terang 44,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan pada kondisi gelap 42,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrohmah, 2007. *Studi Kualitas Klorofil pada Daun sebagai Material Photodetector Organik*, Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Carlson. R.E., dkk, 1996. *A coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods*. 96pp. <http://dipin.kent.edu/cholophyll.htm>.
- Hardjanti Sri, 2008. Potensi Daun Katuk sebagai Sumber Zat Pewarna Alami dan Stabilitas Selama Pengeringan Bubuk dengan Menggunakan Binder Maltodekstrin. *Jurnal Penelitian Saintek*. Vol 13, No 1: 1-18.
- Kumara M.S.W., G. Prajitno, 2012 "Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (*Amaranthus hybridus* L.) Sebagai Dye Sensitizer Dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya Pada DSSC". Tugas Akhir S1. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Surabaya.
- Song Wang, dkk, 2007. TiO₂ films prepared by micro-plasma oxidation method for dye-sensitized solar cell, *Elektrochimica Acta* 53.
- Purwiyatno, 2013, (http://researchgate.net/profile/Purwiyatno_Hariyadi2/publication/259239462_Freeze_Drying_Technology_for_better_quality_flavor_of_dried_products/links/0deec52a921bfdd316000000.pdf), Diakses pada tanggal 13 April 2015.
- Sastrohamidjojo H., 1991, *Spektroskopi*, Liberty: Yogyakarta.
- Sumaryanti, 2011, Karakterisasi optik dan listrik larutan klorofil *Spirulina* sp Sebagai Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC), Skripsi, Jurusan Fisika, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Winarno, 1997, *Warna_Bahan_Makanan.pdf*, Diakses 27-04-2015.
- Wongcharee K., dkk, 2007. Dye-sensitized solar cell using natural dyes extracted from rosella and blue pea flowers. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 91, page, 566-57.